

Espacios mineros restaurados.

Relación entre ambientes y aves

Claudio Açaí Bracho Estévez. *Departamento de Biología, Ecología y Ciencias Ambientales (BEECA). Facultad de Biología. Universidad de Barcelona.*

Humbert Salvadó. *Departamento de Biología, Ecología y Ciencias Ambientales (BEECA). Facultad de Biología. Universidad de Barcelona.*

Montse Jorba. *Departamento de Biología, Ecología y Ciencias Ambientales (BEECA). Facultad de Biología.*

Universidad de Barcelona. Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBIO). Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. MINUARTIA.

¿Las canteras pueden tener una función ambiental tras la explotación si se aplican los conocimientos disponibles sobre restauración ecológica? La tipología de las actuaciones ejecutadas durante la restauración condiciona el resultado de la misma, así como la consecución de los objetivos marcados. Un aspecto clave de cualquier restauración ambiental es el conjunto de hábitats y ambientes que se puede conseguir, con resultados e implicaciones tanto en el paisaje como en la fauna potencial del espacio. El conocimiento sobre cómo obtener estos hábitats permite su reproducibilidad y una gestión del territorio más eficiente. La relación entre vegetación, ambientes y aves es una interacción que se establece en fases tempranas en el proceso de restauración. El estudio de diversas canteras restauradas en la cordillera litoral catalana ha permitido identificar como ciertas restauraciones ambientales han dado lugar a una amplia gama de ambientes con funcionalidades distintas para la población de aves, dentro de la misma cantera y con cada entorno. La respuesta de la avifauna a estos ambientes ha permitido identificar pautas de comportamiento y de uso del territorio.

La explotación de recursos naturales: las dos caras de la moneda

La explotación de recursos naturales empezó con los primeros pasos del hombre y se viene desarrollando de acuerdo con las necesidades crecientes de la civilización. Son innumerables los usos y aplicaciones de los materiales obtenidos en minería y difícilmente entenderíamos nuestro bienestar actual sin ellos (Craig *et al.*, 2012).

Asociada a esta explotación se produce una inevitable destrucción y alteración del paisaje, de los hábitats y de la vida en los espacios afectados por la actividad minera (Darwish *et al.*, 2011, Akanwa *et al.*, 2017). El ecosistema pierde capacidad de regulación hídrica, fijación de carbono en suelos y vegetación, y se generan riesgos ambientales asociados a esta nueva condición del espacio (erosión, conta-

minación, etc.) (Howarth y Farber, 2002). Estos impactos negativos agravan el creciente deterioro medioambiental del Planeta, en plena emergencia climática y con un claro declive de la biodiversidad a nivel mundial. ¿Puede conciliarse este conflicto ambiental de nuestra sociedad mediante disciplinas como la restauración ecológica? El objetivo de la restauración es integrar de nuevo estos espacios degradados dentro de su entorno, favoreciendo que los mismos desempeñen una función ecológica y social (Wilker *et al.*, 2016). Pero, la pregunta inherente sería, ¿es esto posible?

La recreación de un ecosistema no es fácil. Incluye restablecer los elementos físicos y bióticos y toda su organización y estructura, pero uno de los aspectos menos conocidos se refiere a las interacciones entre seres vivos, y entre éstos y el medio físico (Forup *et al.*, 2008, Josa *et al.*, 2012, Montoya *et al.*, 2012, Lei *et al.*, 2016).

Las intervenciones de restauración suelen basarse principalmente en actuaciones de revegetación sencillas (Ninot *et al.*,

2009, Jorba y Vallejo 2010). La combinación de estas intervenciones, modeladas localmente por aspectos ambientales (pendiente, orientación, variabilidad de sustratos, etc.) y climáticos y/o meteorológicos dan lugar a una gran variedad y tipos de vegetación distintos. Estos mosaicos vegetales, junto con las paredes rocosas y relieves finales, forman una gamma de ambientes y hábitats que la fauna coloniza y utiliza. Los sistemas de explotación generan geoformas singulares (roquedos, taludes rocosos y acantilados), suelos pedregosos, canchales y espacios abiertos, ambientes actualmente en regresión en gran parte del territorio mediterráneo septentrional debido a procesos como la despoblación y el abandono de campos de cultivo en áreas rurales, con la consecuente aforestación progresiva del territorio (Cervera, 2017). Estos ambientes pueden permitir la nidificación de especies rupícolas u otras aves vinculadas a herbazales ruderales o planicies con escasa vegetación, algunas de ellas con poblaciones reducidas y fragmentadas (Preiss *et al.*, 1997, Castillo *et al.*, 2008). Así, las canteras podrían

jugar un importante papel en el mantenimiento de especies de interés, particularmente cuando la restauración de la explotación posibilita el establecimiento de ambientes escasos en el territorio colindante, actuando las canteras como refugios potenciales para especies con poblaciones en declive.

En este estudio se analizan las relaciones entre los ambientes obtenidos en diferentes restauraciones y las poblaciones de aves que promueven.

El estudio (2018-2019)

El estudio se ha desarrollado en restauraciones de cinco explotaciones de caliza situadas en la cordillera litoral catalana. En cada explotación se han identificado los ambientes existentes. Se ha caracterizado la vegetación de cada ambiente mediante transectos con 100 puntos de registro (método punto-contacto; Gounot, 1969), obteniéndose la abundancia de las especies predominantes. Únicamente se han excluido las paredes de

roca para la realización de los transectos mencionados por la imposibilidad de aplicar dicha metodología en entornos verticales. Los ambientes se han agrupado en cinco categorías (Tabla 1):

- Forestal. Ocupa básicamente las restauraciones más antiguas, donde predomina el estrato arbóreo de pino carrasco con sotobosque mediterráneo de *P. lentiscus* y *R. alaternus*.
- Matorral. Aparece también en restauraciones antiguas con *P. lentiscus*, *R. alaternus*, *R. officinalis* y *C. albidus*.
- Herbazal y/o prado. Incluye formaciones con diferentes tipos de vegetación. Aparecen especies de carácter ruderal, de etapas sucesionales iniciales, espontáneas como *Ch. album*, *G. tomentosa*, *S. marianum*, *M. arvensis* o sembradas como *M. sativa* y que forman cubiertas densas y continuas en las restauraciones más jóvenes. Se incluyen también en esta categoría especies propias de zonas alteradas de etapas sucesionales posteriores como *D. viscosa* y *P. milliacca* que forman masas más o menos densas o abiertas.

- Suelos pedregosos y canchales. Espacios abiertos con una cobertura vegetal muy baja. Predominan especies como *D. viscosa*, y herbáceas y subarborescentes de poco desarrollo, y de forma muy laxa.
- Paredes de roca. Superficies verticales o muy inclinadas con nula o muy baja cobertura vegetal, compuestas por roca caliza más o menos fracturada.

La distribución de estos ambientes en las distintas explotaciones se describe en la Tabla 2. Se puede observar que las distintas intervenciones de restauración han dado resultados muy contrastados, con explotaciones ocupadas básicamente por herbáceas (restauración 1 y 5) y otras donde se han conseguido mosaicos diversos donde predominan unos ambientes u otros.

Los censos ornitológicos se han realizado siguiendo la metodología del programa de seguimiento de aves de Cataluña (Programa SOCC) (Hernando *et al.*, 2008). El estudio incluye dos periodos: otoño-invierno (noviembre-enero) y

Tabla 1. Abundancia de las principales especies vegetales, expresada como porcentaje, para cada uno de los ambientes categorizados en todas las áreas restauradas del estudio (media \pm desviación estándar de todas las restauraciones). El porcentaje se obtiene a partir de los contactos de cada especie registrados en los 100 puntos de los transectos realizados en cada uno de los ambientes identificados.

Especie	Floración	Forestal	Matorral	Herbazal y/o prado	Suelos pedregosos y canchales
<i>Pinus halepensis</i>	III-V	57,7 \pm 16,5	2,1 \pm 2,7	0,0	0,0
<i>Rhamnus alaternus</i>	II-IV	12,4 \pm 6,9	32 \pm 7,3	0,0	0,0
<i>Pistacia lentiscus</i>	III-IV	6,2 \pm 2,8	28,9 \pm 9,5	0,0	1,5 \pm 2,8
<i>Rosmarinus officinalis</i>	I-XII	1,0 \pm 2,7	6,2 \pm 7,3	0,0	0,0
<i>Cistus albidus</i>	IV-VI	1,0 \pm 1,7	10,1 \pm 4,87	0,0	0,0
<i>Rubia peregrina</i>	V-VIII	11,4 \pm 1,9	3,1 \pm 2,7	0,0	0,0
<i>Asparagus acutifolius</i>	VIII-IX	9,3 \pm 4,4	7,2 \pm 4	0,0	0,0
<i>Brachypodium retusum</i>	V-VIII	1,0 \pm 1,7	5,2 \pm 7,9	0,0	1,5 \pm 2,6
<i>Rubus ulmifolius</i>	VI-VIII	0,0	2,1 \pm 2,8	0,0	0,0
<i>Chenopodium album</i>	VII-XII	0,0	0,0	26,7 \pm 24,5	0,0
<i>Dittrichia viscosa</i>	IX-XI	0,0	0,0	24,4 \pm 2,8	20,8 \pm 12
<i>Erucastrum nasturtiifolium</i>	III-XI	0,0	0,0	1,7 \pm 2,7	0,0
<i>Foeniculum vulgare</i>	VI-XI	0,0	1,0 \pm 1,7	0,7 \pm 1,2	3 \pm 2,6
<i>Galactites tomentosa</i>	II-VII	0,0	0,0	4,0 \pm 8,0	0,0
<i>Medicago sativa</i>	IV-X	0,0	0,0	22,2 \pm 19,8	0,0
<i>Moricandia arvensis</i>	III-VII	0,0	0,0	6,9 \pm 11,4	0,0
<i>Nicotiana glauca</i>	IV-VII	0,0	0,0	1,7 \pm 2,7	0,0

Tabla 2. Porcentaje de la superficie ocupada por los diferentes ambientes en las restauraciones estudiadas.

Ambiente (% superficie)	Restauración 1	Restauración 2	Restauración 3	Restauración 4	Restauración 5
Forestal	0,0	3,9	9,4	57,5	0,4
Matorral	0,5	3,1	36,0	18,7	2,8
Herbazal/prado	98,4	20,0	41,5	19,1	95,8
Suelos pedregosos y canchales	0,0	42,0	0,0	0,0	0,0
Paredes de roca	1,1	31,1	13,2	4,7	1,0

primavera-verano (abril-junio), llevándose a cabo los censos durante el lapso 2018-2019. Los registros han sido tanto visuales como sonoros y se realizaban en transectos de 600 m, de 30 minutos de duración, asociando las observaciones a cada ambiente.

Ambientes y aves

Los resultados muestran una segregación de las poblaciones de aves en función del ambiente, del tipo de vegetación y la época, básicamente aspectos vinculados a la disponibilidad del alimento en cada momento y espacio, así como a la existencia de lugares adecuados para nidificar (figuras 1 y 2).

Los ambientes forestales promueven mayoritariamente poblaciones de páridos tanto en el periodo otoñal-invernal como en el periodo primaveral-estival, destacando la elevada abundancia por hectárea de esta familia de aves en este último periodo. Esta familia está representada por especies típicamente forestales como el carbonero común (*Parus major*), el herrerillo común (*Cyanistes caeruleus*) o el herrerillo capuchino (*Lophophanes cristatus*). En otoño la población de aves es más diversa y otras familias aumentan su importancia en relación a los páridos, como fringílidos, muscicápido y sílvidos.

En zonas de matorral predominan los sílvidos durante los dos periodos estudiados. A lo largo del año el sílvido predominante es la curruca cabecinegra (*Sylvia melanocephala*). Durante el periodo otoñal e invernal destaca el incremento de individuos de la curruca capirotada (*Sylvia atricapilla*), internante abundante en los matorrales de las restauraciones estudiadas. En el periodo primaveral y estival (aunque en menor número que las especies anteriores) destaca la llegada de

la curruca carrasqueña (*Sylvia cantillans*). Todas estas especies son pájaros frugívoros que se alimentan de los frutos carnosos disponibles (Herrera, 2004).

La vegetación herbácea sostiene las mayores poblaciones de fringílidos, básicamente representados por el pinzón vulgar (*Fringilla coelebs*) en otoño e invierno, y por verdicillos (*Serinus serinus*) y jilgueros (*Carduelis carduelis*) en primavera y verano

(Figura 3). Las comunidades vegetales de las primeras etapas de sucesión, básicamente ruderales, ofrecen gran cantidad de alimento (especialmente en periodos de escasez) aunque su permanencia en el tiempo suele limitarse a los primeros años tras algunas intervenciones de restauración. Estos ambientes parecen tener especial relevancia en el periodo invernal, sosteniendo abundancias por hectárea de fringílidos elevadas (superiores a los

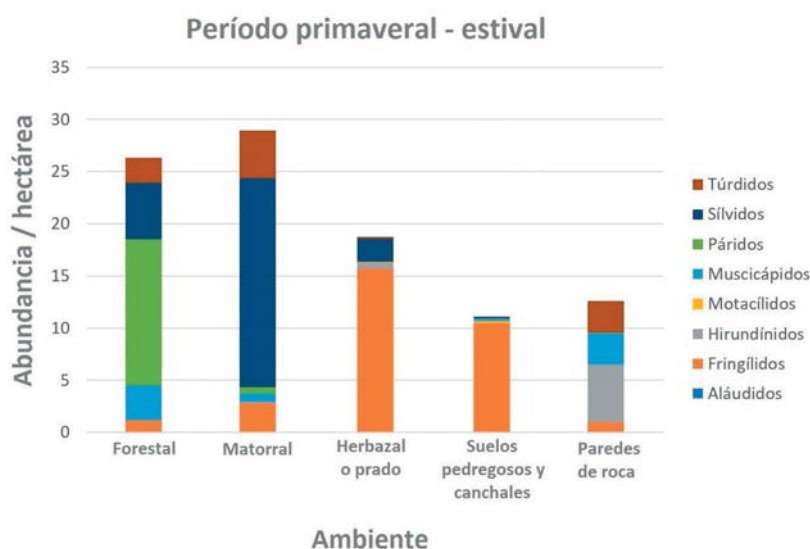


Figura 1. Abundancia media por unidad de superficie en cada ambiente en el periodo primavera-verano.

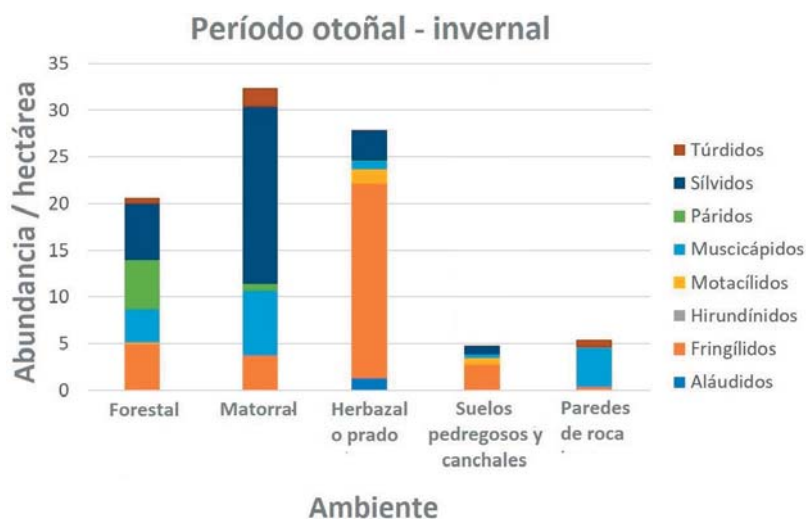


Figura 2. Abundancia media por unidad de superficie en cada ambiente en el periodo otoño invierno.



Figura 3. Bando de fringílicos, principalmente verdicillos, pinzones y jilgueros, sobrevolando los herbazales ruderales de una de las restauraciones estudiadas.

15 individuos por hectárea) y manteniendo familias de aves con poblaciones anecdóticas en las restauraciones estudiadas, como los alúridos o los motacílidos.

Las paredes rocosas y los suelos pedregosos y canchales sostienen las

menores abundancias por unidad de superficie de aves. Sin embargo, es muy relevante que la mayoría de las especies protegidas están asociadas a las paredes rocosas verticales (donde algunas de ellas nidifican) (figuras 4 y 5) y a herbazales, prados y zonas abiertas donde

capturan sus presas (Tabla 3). Esto pone de manifiesto la importancia que estos ambientes juegan en la conservación y expansión de las poblaciones de aquellas especies de interés, pudiendo representar oportunidades de gran valor para potenciar la biodiversidad.

Tabla 3. Abundancia de las especies protegidas por ambiente (media \pm desviación estándar) y figura de protección aplicable.

Especie protegida	Legislación	Fenología	Forestal	Matorral	Herbazal o prado	Paredes de roca	Suelos pedregosos y canchales
<i>Accipiter nisus</i>	Decreto legislativo 2/2008 (categorías A, B y C)	Invernal			0,31 \pm 0,48		
<i>Anthus campestris</i>	Directiva AVES (Anexo 1)	Estival (Posible nidificante)			0,13 \pm 0,34		0,18 \pm 0,4
<i>Aquila fasciata</i>	Directiva AVES (Anexo 1)	Residente				0,12 \pm 0,5	0,12 \pm 0,5
<i>Athene noctua</i>	Decreto legislativo 2/2008 (categorías A, B y C)	Residente (Nidificante)			0,13 \pm 0,34		
<i>Bubo bubo</i>	Directiva AVES (Anexo 1)	Residente (Nidificante)				0,12 \pm 0,34	
<i>Buteo buteo</i>	Decreto legislativo 2/2008 (categorías A, B y C)	Invernal	0,06 \pm 0,25		0,50 \pm 0,63		
<i>Calandrella brachydactyla</i>	Directiva AVES (Anexo 1)	En paso					0,06 \pm 0,25
<i>Circaetus gallicus</i>	Directiva AVES (Anexo 1)	En paso		0,06 \pm 0,25			
<i>Coracias garrulus</i>	Directiva AVES (Anexo 1)	En paso			0,06 \pm 0,25		
<i>Falco peregrinus</i>	Directiva AVES (Anexo 1)	Residente (Nidificante)				1,0 \pm 0,97	
<i>Falco tinnunculus</i>	Decreto legislativo 2/2008 (categorías A, B y C)	Residente (Nidificante)		0,19 \pm 0,40	1,19 \pm 0,65	1,1 \pm 0,85	
<i>Sylvia undata</i>	Directiva AVES (Anexo 1)	Residente		1,19 \pm 0,75	1,0 \pm 1,55		0,31 \pm 0,60



Figura 4. Nido y polluelos de halcón peregrino (*Falco peregrinus*) en uno de los casos de nidificación exitosa de la especie en las paredes verticales de las canteras estudiadas.



Figura 5. Polluelo de búho real (*Bubo bubo*) en uno de los casos de nidificación exitosa de la especie en las paredes verticales de las canteras estudiadas.

El futuro de la restauración de espacios mineros como fuente de biodiversidad

La información obtenida ofrece grandes posibilidades para la gestión de espacios mineros. Asumiendo que las explotaciones mineras deben existir, podemos pensar que el impacto negativo inherente que provocan en los ecosistemas puede minimizarse aplicando planteamientos de restauración ecológica (www.ser.org) para potenciar la biodiversidad en estas zonas. Estas restauraciones pueden

organizarse atendiendo a objetivos de optimización de la biodiversidad en cada zona y región de acuerdo a criterios territoriales. Por ejemplo, en la restauración 1 los ambientes creados en la explotación son básicamente herbazales y crean un mosaico más diverso para las poblaciones de aves dentro de la matriz forestal del entorno (Figura 6). En cambio, en la restauración 2 predominan paredes rocosas y suelos pedregosos que generan espacios abiertos en un entorno de matorral o con arbolado más o menos continuo (Figura 7). En los dos casos, las restauraciones generan cambios relevantes dentro de su entorno inmediato (incremento de biodiversidad, aparición de nuevos hábitats, etc.), que atraen a especies de aves afines y de interés.

Sin embargo, hay muchos aspectos relacionados con las interacciones entre especies y sobre cómo implementar los elementos esenciales en la construcción de ambientes, hábitats y ecosistemas que se desconocen. Muchos de estos aspectos únicamente se ponen de manifiesto a medio plazo y se requieren estudios periódicos que permitan contrastar la evolución entre fauna y vegetación. A escala territorial existen muchos vacíos de información: ¿se puede optimizar la biodiversidad de una región desde una cantera restaurada?, ¿este posible efecto puede mantenerse en el tiempo?, ¿es necesario realizar mantenimiento y gestión en el tiempo de la vegetación?, ¿es interesante mantener etapas iniciales de sucesión como pueden ser los herbazales?,

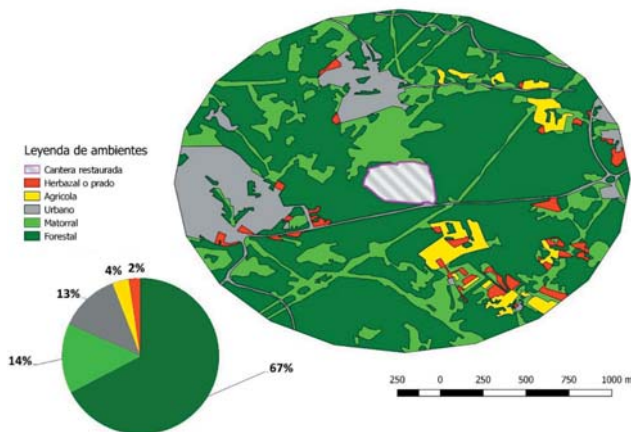


Figura 6. Representación de los usos del suelo en el entorno de la restauración 1. (Información obtenida mediante el análisis SIG de ortofotografías vigentes, tomando como referencia el mapa de cubiertas del suelo de Catalunya (MCSC) y utilizando el software QGIS).

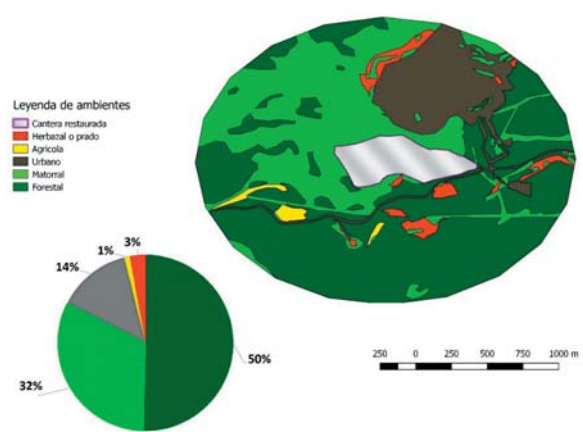


Figura 7. Representación de los usos del suelo en el entorno de la restauración 2. (Información obtenida mediante el análisis SIG de ortofotografías vigentes, tomando como referencia el mapa de cubiertas del suelo de Catalunya (MCSC) y utilizando el "software" QGIS).

¿se valora el papel de estas restauraciones en términos de conectividad a nivel local y/o regional?, ¿existe una superficie adecuada de cada hábitat para obtener los niveles de biodiversidad deseados?, ¿se dispone de suficiente información para recrear todos los hábitats necesarios? A pequeña escala se desconocen aún muchas relaciones entre las especies vegetales en las primeras fases de la restauración y muchos hábitos en las dietas. A pesar de esto, el conocimiento adquirido en estos años en estas disciplinas permite identificar algunas alternativas en restauración para obtener, con ciertas garantías de éxito, determinados ambientes y hábitats, favoreciendo a ciertas especies de fauna. Así, conocemos que familias de aves como los fringílicos se ven favorecidos por los herbazales generados en suelos fértiles, y rapaces como el búho real (*Bubo bubo*) o el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) aprovechan con éxito los taludes rocosos derivados de la explotación minera para nidificar (figuras 3, 4 y 5).

El sector extractivo y los gestores ambientales tienen una gran oportunidad para que las restauraciones en minería puedan formar parte de la infraestructura verde de forma efectiva y funcional dentro de cada mosaico territorial. En términos de biodiversidad, estas zonas se deberían considerar espacios 'comodín' dentro de cada matriz territorial dada la gran versatilidad que ofrece su restauración, permitiendo generar desde ambientes muy distintos a los originales afectados hasta restablecer algunos de los paisajes del entorno natural. También sería beneficioso que algunas de estas restauraciones tuviesen algún tipo de figura de protección o de custodia para garantizar que su gestión sea la más adecuada en términos de biodiversidad y servicios ecosistémicos. La cooperación entre sector privado, administraciones, población y centros de investigación parece la mejor opción para unificar criterios, esfuerzos y rentabilizar costes.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a los propietarios de las explotaciones las

facilidades de acceso a sus instalaciones.

Este estudio ha sido subvencionado parcialmente por la línea de investigación de restauración de canteras de la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona, dentro de un Trabajo de Final de Máster del Máster de Ecología, Gestión y Restauración del Medio Natural de la UB.

Bibliografía

- Akanwa, A.O.; Okeke, F.I.; Nnodu, V.C. y lortyom, E.T. (2017). "Quarrying and its effect on vegetation cover for a sustainable development using high-resolution satellite image and GIS". *Environmental Earth Sciences*, 76(14), 505.
- Castillo, I.; Elorriaga, J.; Zuberogoitia, I.; Azkona, A.; Hidalgo, S.; Astorkia, L.; Iraeta, A. y Ruiz, F. (2008). Importancia de las canteras sobre las aves rupícolas y problemas derivados de su gestión. *Ardeola*, 55(1), 103-110.
- Cervera, T. (2017). La transició forestal a Catalunya: causes socioeconòmiques i efectes ambientals : evolució del paisatge agroforestal a la Catalunya Central (1868-2005). 1 recurso en línea (121 páginas). ISBN 9788449073779. <https://ddd.uab.cat/record/187196>. [Consulta: 1 diciembre 2019].
- Craig, J.R.; Vaughan, D.J. y Skinner, B.J. (2012). Recursos de la Tierra y el medio ambiente. 4ª edición. Madrid, España: Pearson Educación, S.A.
- Darwish, T.; Khater, C.; Jomaa, I.; Stehouwer, R.; Shaban, A. y Hamzé, M. (2011). "Environmental impact of quarries on natural resources in Lebanon". *Land Degradation & Development*, 22(3), 345-358.
- Forup, M.L.; Henson, K.S.; Craze, P.G. y Memmott, J. (2008). "The restoration of ecological interactions: plant-pollinator networks on ancient and restored heathlands". *Journal of Applied Ecology*, 45(3), 742-752.
- Gounot, M. (1969). "Méthodes d'étude quantitative de la végétation". Paris: Masson et Cie". Paris. Vol. 1 (p. 314).
- Herrando, S.; Brotons, L.; Estrada, J. y Pedrocchi, V. (2008). "The Catalan Common Bird Survey (SOCC): a tool to estimate species population numbers". *Revista catalana d'ornitologia*, (24), 138-146.
- Herrera, C. M. (2004). Ecología de los pájaros frugívoros ibéricos. Pp. 127-153. In J. L. Tellería (Ed.), *La ornitología hoy. Homenaje al Profesor Francisco Bernis Madrazo*. Editorial Complutense, Universidad Complutense de Madrid.
- Howarth, R.B. y Farber, S. (2002). "Accounting for the value of ecosystem services". *Ecological Economics*, 41(3), 421-429.
- Jorba, M. y Vallejo, V.R. (Eds.). (2010). Manual per a la restauració de pedreres de roca calcària en clima mediterrani (pp. 1-108). Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.
- Josa, R.; Jorba, M. y Vallejo, V.R. (2012). "Opencast mine restoration in a Mediterranean semi-arid environment: failure of some common practices". *Ecological Engineering*, 42, 183-191.
- Lei, K.; Pan, H. y Lin, C. (2016). "A landscape approach towards ecological restoration and sustainable development of mining areas". *Ecological Engineering*, 90, 320-325.
- Montoya, D.; Rogers, L. Y Memmott, J. (2012). "Emerging perspectives in the restoration of biodiversity-based ecosystem services". *Trends in ecology & evolution*, 27(12), 666-672.
- Ninot, J.M.; Jorba, M.; Oliveira, G.; Josa March, R.; Vallejo, V.R.; Alcañiz, J.M.; Hereter Quintana, A.; Cortina, J. y Correia, O. (2009). Restauració de les pedreres de roca calcària en clima Mediterrani: procés i avaluació. II Monografies del Foix. Col·lecció documents de treball. Sèrie Territori 16. Diputació Barcelona, 2009, pp. 33-37.
- Preiss, E.; Martin, J.L. y Debussche, M. (1997) "Rural depopulation and recent landscape changes in a Mediterranean region: Consequences to the breeding avifauna". *Landscape Ecology* 12:51-61.
- Wilker, J.; Rusche, K.; Benning, A.; MacDonald, M.A. y Blaen, P. (2016). "Applying ecosystem benefit valuation to inform quarry restoration Planning". *Ecosystem services*, 20, 44-55.